

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: X2013230674

UDC_____

厦 门 大 学

工 程 硕 士 学 位 论 文

昌吉供电公司状态评估与管理系统的 设计与实现

Design and Implementation of State Estimation and
Management for a Power Enterprise

莫明江.阿不力克木

指 导 教 师: 陈海山 教授

专 业 名 称: 软 件 工 程

论文提交日期: 2015 年 3 月

论文答辩日期: 2015 年 4 月

学位授予日期: 年 月

指 导 教 师: _____

答辩委员会主席: _____

2015 年 4 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外，该学位论文为()课题(组)的研究成果，获得()课题(组)经费或实验室的资助，在()实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文(包括纸质版和电子版)，允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

()1.经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于
年 月 日解密，解密后适用上述授权。

(☒)2.不保密，适用上述授权。

(请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。)

声明人(签名)：

年 月 日

摘要

电力系统运行的安全性和可靠性直接关系到国家经济的发展,同时也是维系国家安全和社会稳定的重要因素,因此电力一直是国家的支柱能源和经济命脉。目前电力系统运行的各种约束条件日益强化,其运行方式和网架结构也越来越复杂,这是因为电力行业向大系统、超高压、远距离、大容量方向发展。为了给调度工作人员提供相关技术支持,通常采用电网能量管理系统(EMS)来集成各种数据。EMS 能够为电网的安全运行奠定良好的基础。作为 EMS 的不可或缺的重要部分之一,状态估计能够为系统提供可靠完整的信息和系统状态数据。状态估计具有很大的研究价值,研究电力系统状态估计系统的设计与实现,对电网的日常运行和规划设计都有重要的现实意义。

本文设计了电网能量管理系统(EMS)中的状态估计系统实现。本文研究工作如下:论文对电网能量管理系统以及国内外研究现状进行了详细阐述,研究分析电力系统中状态估计功能及目前主要采用两种估计算法、不良数据检测及辨识方法的不足及改进措施。并在此基础上,结合地区电网实际运行情况和需求,构筑了一套状态估计系统,解决了当前状态估计应用软件功能单一、可操作性不强、平台封闭、计算性能低和缺乏规范化的管理功能等问题。

本文所设计的某电力企业状态评估与管理系统,将主要具备如下功能:实时数据读取、案例存取、人工量测值设置、变压器分接头、无开关元件投切、厂站量测状态设置;变压器分接头估计、系统单线图、控制参数设置、权重系数设置、人工启动状态估计、周期启动状态估计、定时启动状态估计;不良遥信预校核结果、不良遥测预校核结果、量测不平衡厂站、量测不平衡母线、厂站老数据情况、可疑数据辨识结果、不良遥测辨识结果、状态估计结果总览、分析统计、量测量列表、估计结果列表、辅助信息列表、量测误差估计、量测系统评价。

关键词: 电力企业; 状态评估; 管理系统

Abstract

As the pillar of the state energy and the lifeblood of the economy , the safety and stability of the electric power industry is not only related to the development of national economy, but also maintain the national security and social stability. With the development of modern electric power industry to develop a large system, super high pressure, long distance, large capacity, power grid structure and mode of operation is more complex, a variety of system operation constraints increasingly strengthened. Energy management system (EMS) provides a powerful technical support for dispatchers, and laid a solid foundation for the safety of the power grid dispatching operation. State estimation is an important part of energy management system, it provides a complete and reliable system state data and information for the system. State estimation is a huge topic, design and Realization of the system state estimation of power system, have important practical significance on power system daily operation and planning and design.

This paper introduces the design of energy management system (EMS) system to realize the estimation of the state. The research work of this paper is as follows: the paper has carried on the detailed elaboration to the power grid energy management system and the domestic and foreign research present situation, research and analysis in power system state estimation function and at present mainly by two under estimation algorithm, bad data detection and identification methods and measures for improvement. And on this basis, combined with the regional power grid actual operation and management requirements, constructed a state estimation system, solves the current state estimation application software functions of a single, operability is not strong, closed platform, low capacity and lack of standardization of the management function of the problem.

An electric power enterprise status assessment and management system designed in this paper, mainly has the following functions: real-time data reading, case access, artificial measurement value is set, the tap of transformer, switch element

is switching and station measurement state setting; estimation, transformer tap system single line diagram, control parameter setting, weight coefficient setting, manual start state estimation, cycle start state estimation, timing start state estimation; bad remote signal pre check result, bad telemetry pre check result, unbalance measurement station, unbalance measurement bus and station old data, the suspicious data identification results, bad telemetry identification results, state estimation results overview and statistical analysis, measurement list, the estimation results list, auxiliary information list, measurement error estimation, measurement system evaluation.

Keywords: Electric Power Enterprises;Condition Assessment;Management System

目录

第 1 章 绪论	1
1.1 课题研究背景和意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	2
1.2 研究现状	2
1.3 论文研究内容和组织结构	4
1.3.1 研究内容	4
1.3.2 论文结构	5
第 2 章 状态估计方法	6
2.1 电力系统状态估计概述	6
2.2 状态估计的数学描述	8
2.2.1 量测系统的数学描述	8
2.2.2 电力网络的数学描述	9
2.3 电力系统状态估计的方法	10
2.3.1 加权最小二乘估计方法	10
2.3.2 基于卡尔曼滤波的逐次状态估计方法	11
2.3.3 两种状态估计方法的比较	13
2.4 本章小结	13
第 3 章 系统设计	15
3.1 系统设计思路	15
3.2 系统功能设计	15
3.3 数据库设计	16
3.3.1 数据库概述	16
3.3.2 数据库表设计	19
3.4 状态估计的流程设计	21
3.5 状态估计计算方法	23

3.5.1 状态估计的数学建模.....	23
3.5.2 计算存储.....	24
3.6 不良数据的检测与辨识	24
3.6.1 不良数据的检测方法.....	24
3.6.2 不良数据的辨识方法.....	26
3.7 本章小结	28
第 4 章 系统实现.....	30
4.1 系统主模块	30
4.2 实时数据读取模块	31
4.3 估计结果列表模块	33
4.3.1 估计结果总览.....	33
4.3.2 状态列表.....	36
4.3.3 测量列表.....	36
4.4 不良数据列表模块	37
4.5 参数设置模块	40
4.5.1 控制参数设置.....	40
4.5.2 人工量测值设置.....	42
4.5.3 权重系数设置.....	44
4.6 辅助信息列表模块	45
4.7 状态估计应用模块	48
4.7.1 状态估计应用场景.....	48
4.7.2 遥测估计合格率曲线.....	48
4.8 系统测试	49
4.8.1 系统测试原则.....	49
4.8.2 测试采用技术.....	50
4.8.3 测试计划.....	51
4.8.4 功能测试.....	51
4.9 本章小结	53
第 5 章 总结与展望	54

5.1 总结	54
5.2 展望	54
参考文献	56
致谢	60

厦门大学博硕士论文摘要库

Contents

Chapter 1 Introduction.....	1
1.1 Research Background and Significance.....	1
1.1.1 Research Background	1
1.1.2 Research Significance	2
1.2 Research Status	2
1.3 Research Contents and Outline of the Dissertation.....	4
1.3.1 Research Contents	4
1.3.2 Outline of the Dissertation	4
Chapter 2 State Estimation Method	6
2.1 Overview of State Estimation.....	6
2.2 Mathematical Description of State Estimation	8
2.2.1 Measurement System	8
2.2.2 Electric Power Network	9
2.3 Electric Power System State Estimation	10
2.3.1 Weighted Least Squares Estimate Method	10
2.3.2 Method of Successive State Estimation	12
2.3.3 Comparison of State Estimation Methods	13
2.4 Summary.....	14
Chapter 3 System Design	15
3.1 Overview of System Design.....	15
3.2 System Function Design	16
3.3 Database Design	16
3.3.1 Overview of Database Design.....	16
3.3.2 Design Database Structure	20
3.4 Process Design of State Estimation.....	21

3.5 Calculation Method of State Estimation	23
3.5.1 Mathematical Modeling of State Estimation	23
3.5.2 Calculation Storage	24
3.6 Detection and Identification of Bad Data	24
3.6.1 Detection Method of Bad Data	24
3.6.2 Identification Method of Bad Data	26
3.7 Summary	28
Chapter 4 System Implementation	30
4.1 System Login Module	30
4.2 Real-Time Data Reading Module	31
4.3 Estimation Results List Module	33
4.3.1 Estimation Results Overview	33
4.3.2 Status List	36
4.3.3 Measurement Llist	36
4.4 Bad Data List Module	37
4.5 Parameter Setting Module	40
4.5.1 Control Parameter Setting	40
4.5.2 Artificial Measurement Setting	42
4.5.3 Weight Parameter Setting	44
4.6 Auxiliary Information List Module	45
4.7 State Estimation Application Module	48
4.7.1 State Estimation Application Scene	48
4.7.2 Telemetry Qualified Rate Curve Estimation	48
4.8 System Testing	49
4.8.1 Principle of System Testing	49
4.8.2 Test Technology	50
4.8.3 Test Plan	51
4.8.4 Function Testing	51
4.9 Summary	53

Chapter 5 Conclusions and Future Work	54
5.1 Conclusions.....	54
5.2 Future Work	54
References	56
Acknowledgements	60

第1章 绪论

1.1 课题研究背景和意义

1.1.1 研究背景

电力关系着国家能源安全。电力的安全生产运行不但影响着国家的经济增长，而且支撑着整个社会的稳定和团结。现在随着电力产业向远距离、超高压、大容量、大系统转变，电网运行方式和电网构架更加复杂，电网运行也受到了越来越多的约束。在这种大背景下，对电力系统能量管理系统提出了越来越多的要求。当前电力系统研究和工程实践的重要课题主要集中在结合电力系统的特征和发展势头，深化完善现代电力系统优化模型和实用算法，深入了解电力系统现代应用技术的特性。

当今社会，国民经济特别是互联网经济的快速发展给电力系统的调度人员提出了很高的要求：确保系统经济、优质、稳定、安全地运行。然而电力系统的可靠性和经济性是对立的关系，这就使得电力调度工作人员面临更大的挑战。首先伴随着电网规模的不断扩大，其运行方式也灵活多变，电网的机械结构也越来越复杂，当一处事故发生时，容易引起连锁反应进而威胁其余电力装置的可靠性和安全性^[1-2]，这样以来确保电力安全的难度就加大了许多。其次，作为电网指挥控制中心，为了营造一个良好、绿色的电力系统环境（能耗标准和环保指标变得越来越严格），调度部门除了完成常规的调度任务以外，还需要完成很多的其余工作，如电力交易^[3]、节能环保等工作^[4]，由此可知调度部门在电力系统中承担的任务将越来越繁重。

传统意义下，能量管理系统^[5](EMS, Energy Management System)只是帮助运行人员监测电网的运行情况。然而在当前电网发展形势下，能量管理系统不仅仅要完成运行情况的收集，更要辅助工作人员分析电网运行状态，进而帮助电网工作人员作出相对合理乃至最好的决策。

状态估计系统是 EMS 系统的重要组成部分。状态估计是通过监测开关状态来建立网络模型，继而估计元件的功率和各母线上的电压/相角，补充不足量测

点，加强全网的可观测性，从而实时确定电网结线方式和运行状态。

1.1.2 研究意义

能量管理系统是利用电网参数与采集的电网实时信息进行分析、评估和决策的高级应用软件系统。参数错误这个老问题一直阻碍着 EMS 实用化推广，由于没有实测数据，所以一般情况下只能通过电网参数的理论值或者经验值进行计算。基于很多种原因，参数经常得不到及时的维护和校准。参数错误会对状态估计在一定范围的计算精度产生严重的影响，从而导致能量管理系统后续的分析结果跟实际的情况不一样，不利于 EMS 的使用推广。

电力系统状态估计是电力系统当中 EMS 的主要功能的一种，它的主要用处就是根据电力系统的量测数据，预估出实时的电力系统运行状态。EMS 决定着当今电力电网的安全经济性运行，针对电网实时运算分析的在线应用和针对电网潮流计算断面的离线应用。基本上很大一部分高级应用都基于电力系统状态估计。一旦状态估计出现了误差，那么我们将可能不一定能够得到准确的结果。不同领域的状态估计有着不同的概念，就电力系统而言，就是根据现有采集到的实时、准实时信息，评估电力系统的运行状态。概括的来说，状态估计存在的必要就是获取更全面、精准和可靠的电力系统相关信息，建立一个没有不良数据的实时数据库。

本课题开发研究的是面向电力系统状态估计的软件，是把能源调度、能源管理、过程监控整合到一起的计算机管理系统。能够充分平衡能源和供需之间的关系，集中采集和控制系统原本分散的数据，充分实现生产上对能源的预测。为了充分整合电力资源，加强能源管理，并实现数据的采集、监视、控制和优化等的一体化，课题采用了成熟的自动控制和能源设备系统。该系统是智能电网的“大脑”，对电网调度自动化系统的研究和实际应用有着深远的影响。

1.2 研究现状

近年来，我国的电网规模发生了翻天覆地的变化。起初我国的电网规模是省级区域电网，而目前已经发展为大区域电网互联。大区域电网互联的生成主要得益于特/超高压、大容量电力产品和新型电力设备的研发、投产和应用。大区域电网互联的产生，对电力系统自动化水平提出了更高、更多的要求：

首先，电气元件在电网互联中是相互影响、相互制约的关系，电器元件的表

现往往比较复杂,传统的分析方法不再适用而需要借助自动化的电力系统来实现准确的分析和控制¹;

其次,最近几年在我国出现了诸如电力市场、节能调度等概念,加之目前国内的电网是通过分区和分层来实现调度的。因此,这对电网的安全运行提出更多、更高的要求^[1]。

新形势下的电力调度应该融合当前政策、管理、市场等各个方面的内容。然而如果这些工作量直接由人来处理的话,则调度的效率将会很低。这就需要依靠十分智能化及自动化的能量管理系统(Energy Management System, 缩写 EMS)来协助调度人员进行调度工作。因此,为了满足新形势下电力产业和经济发展对电力系统自动化技术的需求,需要将新的模块、新的分析方法和新型控制技术融入至新型的 EMS 系统中^[10-14]。

能量管理系统(EMS)用于各级输电网的调度中心,为电网调度工程师提供自动控制、实时监视和灵活分析电网运行情况的手段和工具^[15],是以计算机技术为基础的现代电力系统的综合自动化系统,是主要针对发电和输电系统。

作为调度的核心系统,需要每个级别的调度中心进行模型数据、图形等的实时互动。因为每个厂家提供的EMS模块都不一样,为了软件的资源考虑,每个应用模块之间需要沟通互动,而且要求实现某种程度的互操作²。

能源管理系统的基本特点凭借电力系统相关信息处理相关问题,主要的职责就是电网运行更加经济可靠,软件的核心部分是状态估计实时处理及调度员潮流计算,短路电流计算、实时数据分析、最优潮流计算等应用软件都需要由它们分别提供实时方法和假定数据²。

1. 状态估计

状态估计是通过监测开关状态来建立网络模型,继而估计元件的功率和各母线上的电压/相角,补充不足量测点,加强全网的可观测性,从而实时确定电网结线方式和运行状态。采用最小二乘法或者正交变换法对电网进行状态估计,从而验证实时量的准确性。状态估计存在的意义就是给其他软件提供实时的运行数据,使得实时电网状态更加稳定可靠。状态估计根据实时量测量、伪量测量估

¹参见:王萍. 青岛电网能量管理系统升级项目设计与开发[D].学位论文,华北电力大学(保定),2008年。

²参见:魏路平. 基于三维协调的新一代电网能量管理系统研究[D].学位论文,浙江大学,2008年。

算出整个电网的幅值和相角，可以估算得到所有的量测量，挑选出有问题的数据并把不良数据排除，从而得到全网的潮流，给电力系统的可见和不可见部分提供统一的、实时的、可靠的电网潮流解答³。

2. 调度员潮流

调度员潮流提供直观和便利的交互手段供工作人员进行模拟操作，并提供快速和可靠的潮流算法进行潮流计算，从而进行各种情况下的电网潮流特性的研究。潮流计算是电力系统分析当中比较重要的一种，用来研究解决电网规划或者运行的问题。如果电力系统在规划当中，我们凭借潮流计算我们能够知道现有的规划方案是否满足运行的要求；如果电力系统还在运行当中，我们凭借潮流计算可以知道一些负荷的变化或者网络结构变化了是否会对电网产生影响，系统母线电压是否在正常范围内，电力系统是否有过负荷的情况，以及我们该采取什么预防措施。

1.3 论文研究内容和组织结构

1.3.1 研究内容

前文阐述了电力系统中能量管理系统的重要意义及研究现状。本文针对电力系统中的状态估计为主要问题展开讨论，就已有状态估计展开研究，设计开发状态估计模块。具体研究成果如下：

1. 查阅相关参考文献，对电力系统中状态估计的基本理论和数学描述展开研究，分析两种最基本的电力系统状态估计方法即加权最小二乘方法、基于卡尔曼滤波的逐次状态估计方法的计算过程和区别。
2. 根据电力系统的实用要求对状态估计流程进行分析，并在此基础上，从地区电网实际需求出发，对状态估计系统进行设计和实现。详细阐述状态估计系统使用的相关数据库、具体实现算法和存储过程。
3. 完成状态估计系统各功能模块的开发，明确状态估计数据读取流程和时间控制序列，并设计生成状态估计相关结果的显示界面和查询列表。
4. 对软件进行测试和应用说明，运用几种软件测试手段对状态估计系统的功能和性能进行测试，保证了软件的功能完整性和运行稳定性，并对状态估计系统的应用情况进行论述。

³参见：瞿长国.节能降耗型电网能量管理系统研究[D].学位论文.学位论文，浙江大学，2008年。

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.